

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พืชผักเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ให้พลังงาน ธาตุอาหาร เยื่อใย วิตามิน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ มีคุณสมบัติช่วยให้ระบบการย่อยอาหารของร่างกายลดสภาพความเป็นกรดจากการย่อยอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เนย และอื่นๆ โดยเยื่อใยของพืชผักช่วยให้ระบบขับถ่ายของร่างกายเป็นไปอย่างปกติ ลดการเป็นโรคลำไส้ปวดบวม และมะเร็งในลำไส้ใหญ่ อีกทั้งยังอาจมีผลต่อการลดปริมาณคอเลสเตอรอล ช่วยลดความอ้วนและป้องกันการเป็นโรคหลอดเลือด ปัจจุบันประเทศไทยมีพืชผักชนิดต่างๆ ที่ปลูกกันอย่างมากมาย เช่น ผักกาดขาว ผักกาดเขียว ผักคะน้า ผักกาดหอม ผักกะหล่ำ ผักชี ผักบุ้ง เป็นต้น ซึ่งปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมเกษตร การบริโภคสด และการผลิตเมล็ดพันธุ์ โดยบริโภคภายในประเทศและส่งออก จึงทำให้พืชผักเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ (สมภาพ จิตะวสันต์, 2537)

ผักกาดหอม

ผักกาดหอมเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความต้องการบริโภคตลอดทั้งปีโดยเฉพาะช่วงเทศกาลต่างๆ จัดได้ว่าเป็นผักที่ตลาดต้องการสูง และมีแนวโน้มความต้องการปริมาณเพิ่มสูงขึ้น (สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, 2538) เป็นพืชในตระกูล Compositae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa* มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียและยุโรป นิยมบริโภคส่วนใบจนได้รับชื่อว่าเป็น the king of salad plant เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม เหล็ก โปรตีน คาร์โบไฮเดรต (สุนทร เรืองเกษม, 2540) และยังประกอบด้วยสาร antioxidant หลายชนิด เช่น folic acid, lutene, beta - carotein เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะทำให้หน้าที่จับอนุมูลอิสระที่ร่างกายได้รับจากสิ่งเป็นพิษในสภาพแวดล้อม ซึ่งอนุมูลอิสระจะเข้าทำลายเซลล์จนเกิดความผิดปกติ กลายเป็นเซลล์มะเร็ง ดังนั้นการบริโภคผักกาดหอมจะช่วยลดโอกาสที่จะเป็นมะเร็ง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติทางเภสัชกรรมในด้านระงับความกระวนกระวาย การขับปัสสาวะ และเสมหะ (สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, 2538) คนไทยนิยมรับประทานผักกาดหอมเป็นผักสลัดหรือร่วมกับอาหารจำพวกยำต่างๆ สาครูหมู หรือข้าวเกรียบปากหม้อ และนิยมนำมาตกแต่งอาหารให้มีสีสันสวยงามน่ารับประทานมากขึ้น (สุนทร เรืองเกษม, 2540)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (สุนทร เรื่องเกษม, 2540)

ราก เป็นระบบรากแก้วที่แข็งแรง ขอบข้อ และเจริญอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเมื่อปลูกในดินร่วนปนทรายที่มีความชื้นเพียงพอ รากแก้วสามารถหยั่งลึกลงไปในดินได้ถึง 5 ฟุต หรือมากกว่า แต่รากแก้วมักได้รับความเสียหายในขณะที่ย้ายปลูก ดังนั้นรากที่เหลือจะเป็นรากแขนงซึ่งแผ่กระจายอยู่ใต้ดินประมาณ 1-2 ฟุต โดยรากจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มหนาแน่น อย่างไรก็ตามการย้ายปลูกนั้นมีผลดีในการช่วยให้ผักกาดหอมประเภทหัวห่อได้ดีขึ้น

ลำต้น มีลักษณะเป็นข้อสั้น แต่ละข้อเป็นที่เกิดของใบ ในระยะแรกมักจะมองไม่ค่อยเห็นเนื่องจากใบจะปกคลุมไว้ จะเห็นชัดเมื่อระยะแทงช่อดอก ลำต้นจะตั้งตรง สูงชะลูดขึ้นจนสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน มีลักษณะขอบข้อ ถ้าปลูกในที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากๆ จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 2 นิ้ว

ใบ แตกออกมาจากลำต้นโดยรอบ สีใบมีตั้งแต่เขียวอ่อน เขียวปนเหลือง จนถึงสีเขียวแก่ บางพันธุ์มีสีแดงหรือน้ำตาลปนอยู่ ทำให้มีสีแดงบรอนซ์หรือน้ำตาลปนเขียว พันธุ์ที่ห่อเป็นหัวจะมีใบหนา เนื้อใบอ่อนนุ่ม ใบจะห่อหุ้มอัดแน่นคล้ายกะหล่ำปลี ใบที่ห่ออยู่ข้างในจะเป็นมัน บางชนิดมีใบม่วงขอบประมีเส้นใบเห็นได้ชัด ขอบใบมีลักษณะเป็นหยัก ขนาดและรูปร่างของใบจะแตกต่างกันตามชนิด

ดอกและช่อดอก ดอกมีลักษณะเป็นช่อที่เรียกว่า panicle ประกอบด้วยกลุ่มของดอกที่เป็นกระจุกตรงยอด แต่ละกระจุกประกอบด้วยดอกย่อย 15-25 ดอกหรือมากกว่า ก้านช่อดอกจะยาวประมาณ 2 ฟุต ช่อดอกอันแรกจะเกิดที่ยอดก่อน จากนั้นจะเกิดช่อดอกข้างตรงมุมใบ ช่อดอกที่เกิดจากส่วนยอดโดยตรงจะมีอายุมากที่สุด ส่วนช่อดอกอื่นๆ จะมีอายุรองลงมา ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีเหลือง ตรงโคนเชื่อมติดกัน รังไข่มี 1 ห้อง เกสรตัวเมียมี 1 อัน มีลักษณะเป็น 2 แฉก เกสรตัวผู้ 5 อัน รวมกันเป็นยอดยาวห่อหุ้มก้านเกสรตัวเมียและยอดเกสรตัวเมียไว้

เมล็ด เมล็ดผักกาดหอมเป็นชนิดเมล็ดเดี่ยว (achene) ซึ่งเจริญมาจากรังไข่อันเดียว มีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง จะไม่แตกเมื่อเมล็ดแห้ง เมล็ดมีลักษณะแบนยาว หัวท้ายแหลมเป็นรูปหอก มีเส้นเล็กๆ ลาดยาวไปตามด้านยาวของเมล็ดที่ผิวเปลือกหุ้มเมล็ด เมล็ดมีสีเทาปนครีม ความยาวของเมล็ดประมาณ 4 มิลลิเมตร และกว้างประมาณ 1 มิลลิเมตร

ผักกาดหอมที่ปลูกและใช้บริโภคกันในปัจจุบัน สามารถจำแนกออกได้เป็น 5 กลุ่มตามลักษณะต้นและใบ ดังนี้

1. ผักกาดหอมใบ (loose leaf, leaf หรือ bunching lettuce; *L. sativa* var. *crispa* L.) สายพันธุ์นี้มีลำต้นสั้นและมีใบมากเจริญเป็นกระจุก ไม่ห่อเป็นหัว ทนต่ออากาศร้อน ลักษณะรูปร่างและสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ สำหรับพันธุ์ที่ได้รับความนิยมปลูกและบริโภคกันในประเทศไทย เช่น

- พันธุ์ grand rapids เป็นชนิดที่มีสีเขียวทั้งต้น (นิพนธ์ ไชยมงคล, 2545 อ้างโดยจิราวรรณ ศรียาภัย, 2546)

- พันธุ์ oak leaf ถูกค้นพบในปี 1771 มีชื่อว่า Laitue epinard แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามสีของใบ ได้แก่ สีเขียวอ่อน สีน้ำตาลแดง และสีเขียวเข้ม เป็นกลุ่มของผักกาดหอมที่มีการเรียงตัวของใบอย่างหลวม ใบมีลักษณะที่คล้ายใบโอ๊ค มีการเรียงตัวเหมือนดอกกุหลาบ สายพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุด คือ Red Oak และ Green Oak ผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ใบจะมีสีน้ำตาลเข้มอมแดง เมื่อปลูกภายใต้สภาวะที่มีความเข้มแสงสูงและอากาศเย็น (Morgan, 1999 อ้างโดยราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์, 2548)

2. ผักกาดหอมห่อ (crisp head หรือ head lettuce; *L. sativa* var. *capitata* L.) มีใบขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ใบในจะม้วนและซ้อนกันคล้ายกะหล่ำปลี หัวแน่น ใบแข็ง กรอบกว่าพันธุ์อื่นๆ ใบนอกมีสีเขียวเข้ม ใบในมีสีเหลืองปนขาว ทนทานต่อการขนส่ง

3. ผักกาดหอมกึ่งห่อหัว (butter head หรือ Bibb; *L. sativa* var. *capitata* L.) ใบอ่อนและนิ่ม ห่อปลีหลวม ใบในมีลักษณะคล้ายน้ำมันหรือเนยจับที่ผิวใบ การปลูกในฤดูหนาวจะได้หัวใหญ่และแน่นกว่าปลูกในฤดูร้อน ไม่ทนทานต่อการขนส่ง

4. ผักกาดหวาน (cos หรือ romaine; *L. sativa* var. *longifolia* Bailey) ใบมีลักษณะตั้งตรงยาวและห่อ สีเขียวเข้ม เนื้อใบหนา เส้นในนูนเด่นออกมาด้านหลัง ใบในมีลักษณะปลายโค้งเข้าข้างในทำให้มีหัวกลมยาว

5. ผักกาดหอมต้น (stem lettuce; *L. sativa* var. *asparagina*) เป็นผักกาดหอมที่ปลูกเพื่อใช้ลำต้นรับประทานเท่านั้น มีลักษณะลำต้นอวบสูง ใบจะเรียวยาวจะเกิดขึ้นต่อๆ กันไปจนถึงยอดหรือช่อดอก ใบเล็ก หนาและสีเขียว มีทั้งชนิดกลมและยาว ไม่ห่อหัว โดยทั่วไปไม่นิยมปลูกในประเทศไทย (นิพนธ์ ไชยมงคล, 2545 อ้างโดยจิราวรรณ ศรียาภัย, 2546)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

ผักกาดหอมเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด โดยเฉพาะดินร่วน ซึ่งมี pH อยู่ระหว่าง 6.0-6.8 การปลูกควรให้ได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน (ทวีทอง หงส์วิวัฒน์, 2545) การเจริญเติบโตจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วในช่วงเวลาการให้แสงที่ยาวนาน ช่วงวันมีผลกระทบต่อการแทงช่อดอก ซึ่งแต่ละพันธุ์จะตอบสนองต่อการแทงช่อดอกแตกต่างกันไป สำหรับประเทศไทย การปลูกผักกาดหอมในช่วงฤดูร้อนซึ่งมีความเข้มแสงสูง ช่วงวันยาวทำให้ผักกาดหอมมีอัตราการเจริญเติบโตด้านลำต้นเพิ่มขึ้น ช่วงช่อยาว ใบชะงักการเจริญเติบโตทำให้ใบสั้น นอกจากนี้แสงยังส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นด้วย (สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, 2538)

ผักกาดหอมเป็นพืชฤดูเดียว โดยทั่วไปผักกาดหอมต้องการอากาศอบอุ่น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตประมาณ 21-26 องศาเซลเซียส แต่ในบริเวณเขตร้อนสามารถปลูกผักกาดหอมให้ได้ผลดี โดยการลดอุณหภูมิรากให้ต่ำลง (Van Der Boon *et al.*, 1990) นอกจากนี้ การปลูกผักกาดหอมในสภาพที่มีช่วงแสงยาวและอุณหภูมิสูงจะทำให้ช่อดอกเจริญเร็ว ผักมีรสขม ปลายใบไหม้ ส่งผลให้ผลผลิตคุณภาพต่ำ (สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, 2538)

การเก็บเกี่ยว อายุการเก็บเกี่ยวของผักกาดหอมขึ้นอยู่กับพันธุ์เป็นสำคัญ โดยผักกาดหอมใบมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 40-50 วันหลังจากเพาะเมล็ด และควรเลือกเก็บขณะที่ใบยังอ่อนกรอบ ไม่เหนียวกระด้าง ไม่ควรเก็บขณะต้นแก่เพราะจะมีรสขม (สุนทร เรืองเกษม, 2540) วิธีการตัดโดยใช้มีดตัดตรงโคนต้น แล้วตัดใบเสียทิ้ง หลังจากนั้นล้างยางสีขาวออกด้วยน้ำสะอาดและสลัดน้ำออกให้หมด เพราะถ้ามีน้ำขังอยู่จะเน่าเสียได้ง่าย ควรเก็บในช่วงเช้าที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อลดอุณหภูมิในพืชและลดการคายน้ำ ผักกาดหอมเป็นพืชที่เน่าเสียได้ง่าย (perishable crop) เนื่องจากมีน้ำเป็นส่วนประกอบสูงกว่าร้อยละ 90 หลังจากเก็บเกี่ยวจะมีอัตราการคายน้ำและการหายใจสูง ทำให้สูญเสียน้ำและเหี่ยวเร็ว ดังนั้นคุณภาพของผักกาดหอมจึงขึ้นอยู่กับความรวดเร็วในการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาหรือก่อนการขนส่ง (นิพนธ์ ไชยมงคล, 2545 อ้างโดยจีราวรรณ ศรียาภัย, 2546)

ผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนเป็นพืชผักเมืองร้อนชนิดหนึ่งที่คนไทยนิยมบริโภคส่วนของใบและลำต้นโดยนำมาประกอบอาหาร อยู่ในตระกูล Convolvulaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea aquatica* เป็นผักพื้นเมืองของทวีปเอเชียเขตร้อน แอฟริกา และออสเตรเลีย แล้วแพร่กระจายไปยังเขตร้อนต่างๆ ของโลก เป็นผักที่นิยมรับประทานกันมาก เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะวิตามินเอซึ่งช่วยบำรุงสายตา มีปริมาณสูงถึง 9,550 หน่วยสากลในส่วนที่รับประทานสดได้ 100 กรัม หรือมีวิตามินเอสูงถึง 6,750 หน่วยสากลในส่วนที่รับประทานได้เมื่อสุกแล้ว 100 กรัม นอกจากนี้ยังมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินซี เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกด้วย เนื่องจากเป็นผักที่ปลูกง่าย โตเร็ว สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ทุกฤดูกาล และอายุการเก็บเกี่ยวสั้น จึงนิยมปลูกเป็นการค้าอย่างแพร่หลาย โดยปลูกเพื่อบริโภคสด และผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งปัจจุบันได้พัฒนาเป็นพืชส่งออกที่มีความสำคัญ (สุนทร เรืองเกษม, 2540) การส่งออกเฉพาะผักบุ้งจีนเพื่อบริโภคสดไม่มีตัวเลขแน่นอน เพราะรวมผักบุ้งจีนในหมวดผักสดอื่น ๆ ตลาดที่สำคัญ คือ ฮองกง มาเลเซีย และสิงคโปร์ จากสถิติในแต่ละปีจะมีพื้นที่ปลูกประมาณ 135,000 ไร่ ผลผลิตสดประมาณ 150,000 ตัน และมีพื้นที่ปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ประมาณ 8,000 ไร่ ผลผลิต 1,700 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป.)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (สุนทร เรืองเกษม, 2540; ศรานนท์ เจริญสุข, 2549; กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป.)

ราก เป็นระบบรากแก้ว มีรากแขนงแตกออกทางด้านข้างของรากแก้วและยังสามารถแตกรากฝอยออกมาจากข้อของลำต้นได้ด้วย โดยมักจะเกิดตามข้อที่อยู่บริเวณโคนเถา

ลำต้น เป็นไม้ล้มลุก ในระยะแรกของการเจริญเติบโตจะมีลำต้นตั้งตรง ในระยะต่อไปลำต้นจะเลื้อยทอดยอไปตามพื้นดินหรือน้ำ ลำต้นมีสีเขียวและปล้องข้างในกลวง รากจะเกิดที่ข้อทุกข้อที่สัมผัสกับพื้นดินหรือน้ำ ที่ข้อมักมีตาแตกออกมา ทั้งตาใบและตาดอก โดยตาใบจะอยู่ด้านบนนอก ส่วนตาดอกจะอยู่ด้านใน

ใบ เป็นใบเดี่ยว รูปร่างคล้ายหอก โคนใบกว้างแล้วค่อยๆ เรียวเล็กไปตามปลาย ปลายใบแหลม ที่โคนใบเป็นรูปหัวใจ ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น ใบมีความยาวประมาณ 7-15 เซนติเมตร ก้านใบยาว 3-8 เซนติเมตร

ดอก เป็นดอกสมบูรณ์เพศ คือ มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน แต่ละดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยงสีเขียว 5 อัน กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปกรวย ด้านนอกมีสีขาว ด้านในมีสีม่วง การจัดเรียงของกลีบดอกขณะที่ดอกยังตูมอยู่จะซ้อนกันเป็นใบจักร เมื่อบานจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร มีเกสรตัวผู้ 5 อัน และเกสรตัวเมีย 1 อัน ในฤดูวันต้นจะออกดอกมีฝักและเมล็ด ในฤดูวันยาวจะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ

ผล เป็นผลเดี่ยว รูปร่างค่อนข้างกลม มีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่ออายุประมาณ 30 วันหลังดอกบาน มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.42 เซนติเมตร หลังจากนั้นจะมีขนาดเล็กลง ลักษณะผิวภายนอกจะเหี่ยวย่น ขรุขระ ไม่แตกเมื่อแห้ง สีของผลเมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้ม ใน 1 ผลมีเมล็ด 4-5 เมล็ด

เมล็ด เมล็ดฝักนึ่งมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมฐานมน มีสีน้ำตาล เปลือกหุ้มเมล็ดมีสี 3 ระดับ คือ สีน้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ และน้ำตาลดำ มีขนาดกว้างประมาณ 0.4 เซนติเมตร ยาว 0.5 เซนติเมตร สะสมอาหารในใบเลี้ยงซึ่งติดอยู่กับเอมบริโอ เมล็ดมักจะพักตัวในลักษณะของเมล็ดแข็งหรือที่เรียกว่าเมล็ดหิน เมล็ดที่มีสีเข้มกว่าจะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็งสูงกว่า

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของฝักนึ่งจีน

ฝักนึ่งจีนสามารถปลูกได้ทั้งบนบกและในน้ำ และสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด แต่จะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในดินร่วนและดินร่วนปนทราย ชอบดินที่ชื้นแฉะ ต้องการความชื้นในดินสูงมาก โดยเฉพาะเมื่อน้ำมากฝักนึ่งจีนจะเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้าปริมาณน้ำไม่เพียงพอจะชะงักการเจริญเติบโตทำให้ลำต้นแข็งแรงกระด้าง สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงที่สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ต้องการแสงแดดเต็มที่ ซึ่งในประเทศไทยสามารถปลูกฝักนึ่งจีนได้ตลอดทั้งปี (กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป.)

อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 20-25 วัน หรือเมื่อฝักนึ่งจีนมีความสูงประมาณ 30-35 เซนติเมตร ผลผลิตฝักนึ่งจีนที่ดีต้องมีความสด มียอดติดอยู่ ลำต้นอวบ ใบและลำต้นเป็นสีเขียวไม่เหลืองซีดและเหี่ยวเฉา ใบต้องไม่มีรู ตัดรากให้หมด ล้างให้สะอาดอย่าให้มีดินหรือทรายปนมา และต้องปราศจากยาฆ่าแมลงหรือสารเคมีหลงเหลืออยู่เพราะอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (ศรานนท์ เจริญสุข, 2549)

ระบบปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ (hydroponics culture)

การปลูกพืชในสารละลายไฮโดรโปนิคส์ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการปลูกผักเพื่อให้ได้คุณภาพและช่วยประหยัดทรัพยากร ซึ่งในปัจจุบันการผลิตผักเพื่อการค้านิยมใช้ระบบการปลูกนี้กันมากขึ้น เนื่องจากช่วยทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ลดปัญหาการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสามารถปลูกได้ทุกสถานที่ (อารักษ์ อีรธำพน, 2544) โดยการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์เป็นวิธีการปลูกพืชที่ใช้หลักการแบบวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ด้วยการเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน แต่ไม่นำดินมาใช้เป็นวัสดุในการปลูก หลักการพื้นฐานในการทำให้พืชเจริญเติบโต คือ ใช้น้ำที่มีการเติมธาตุอาหารต่างๆทดแทนธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน (นพดล เรียบเลิศหิรัญ, 2538) ธาตุอาหารที่ให้นั้นควรมีอัตราที่เหมาะสมต่อความต้องการของพืช ซึ่งในการดูดธาตุอาหารเข้าสู่พืชเป็นรูปไอออนเช่นเดียวกับการปลูกพืชในดิน แต่ต่างกันตรงที่พืชปลูกในดินจะต้องอาศัยจุลินทรีย์มาเปลี่ยนรูปของธาตุให้มาอยู่ในรูปไอออนก่อนที่พืชจะดูดเข้าไป (มนูญ ศิริनुพงษ์, 2544) ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบปลูกหลายรูปแบบ ตั้งแต่การปลูกในพื้นที่กว้างจนถึงการปลูกในโรงเรือนปิด รวมถึงรูปแบบที่สามารถปลูกในเรือดำน้ำในทะเลเพื่อที่จะผลิตผักสดให้กับลูกเรือได้รับประทาน รวมไปถึงได้มีการพัฒนาให้สามารถปลูกได้ในอวกาศด้วย (อานัฐ ตันโช, 2548)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูก (substrate culture) โดยหน้าที่ของวัสดุปลูกนี้จะช่วยให้รากพืชมีที่ยึดเกาะ การเลือกวัสดุปลูกจึงต้องเหมาะสมกับสภาวะที่พืชต้องการ และการปลูกพืชลงในสารละลายธาตุอาหารพืชโดยตรง (water culture) ซึ่งรากพืชไม่มีสิ่งใดสัมผัสยึดเกาะยึด สามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ รากจะทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ ดูดออกซิเจน และดูดน้ำและธาตุอาหาร จึงต้องให้ส่วนโคนรากมีช่องว่างสำหรับให้รากหายใจเอาออกซิเจนเข้าไป และส่วนปลายจะทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหาร (อารักษ์ อีรธำพน, 2544) ซึ่งการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชโดยตรง สามารถแบ่งเป็น 2 วิธี คือ

- แบบสารละลายหมุนเวียน (circulating system)

ความสำคัญของการทำงานในระบบนี้ขึ้นอยู่กับการใช้ปั๊ม ในการผลักดันให้สารละลายเกิดการไหลเวียน โดยข้อดีของระบบ คือ นอกจากจะเป็นการเพิ่มออกซิเจนแก่รากพืชได้โดยตรง ยังเป็นการช่วยให้สารละลายเกิดการเคลื่อนไหวช่วยไม่ให้ธาตุอาหารเกิดการตกตะกอน ซึ่งต้นพืชจะได้รับอาหารได้อย่างเต็มที่ โดยเป็นแบบที่ใช้ได้ผลสำเร็จในเชิงการค้า (อารีย์ เสนานันท์สกุล, 2540)

- แบบสารละลายไม่หมุนเวียน (non-circulating system)

สามารถทำได้โดยเตรียมภาชนะปลูกที่ไม่มีรอยรั่วซึม นำสารละลายที่เตรียมไว้เติมลงในระดับที่พอเหมาะ แล้วนำตะแกรงหรือแผ่นโฟมเจาะรูวางทับที่ปากภาชนะ เพื่อช่วยในการพยุงต้นพืชให้ทรงตัวได้ หลังจากนั้นนำต้นกล้าที่เพาะบนฟองน้ำมาสอดเข้าไปในรูโฟม และเป็นการช่วยปกป้องมิให้แสงสว่างส่องส่องลงมาในสารละลายได้ นอกจากนี้สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงประการสำคัญ ก็คือ การเว้นช่องว่างระหว่างพื้นผิวสารละลายกับแผ่นโฟมเพื่อช่องว่างนี้จะเป็นพื้นที่สำหรับให้ออกซิเจนแก่รากพืช และการปลูกแบบสารละลายไม่หมุนเวียนนี้สามารถทำได้สองวิธี คือ

- ชนิดไม่เติมอากาศ เป็นระบบที่สารละลายไม่มีการถ่ายเท ไม่ต้องให้ออกซิเจน และไม่ต้องมีอุปกรณ์ปั๊มอากาศ นิยมใช้กับพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น (Merle, 1997)

- ชนิดเติมอากาศให้แก่รากพืชโดยใช้ปั๊มลม เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับผู้เริ่มทดลองหรือปลูกเป็นงานอดิเรก เพราะใช้ต้นทุนต่ำ ติดตั้งง่าย สามารถใช้งานได้เร็ว และสามารถควบคุมโรคที่มาจากการไหลเวียนของน้ำได้ง่าย (ฐิติพันธุ์ ขำภู, 2542) และในงานทดลองครั้งนี้ระบบที่เลือกใช้ก็คือแบบการปลูกในสารละลายไม่หมุนเวียนชนิดเติมอากาศ

ปัจจุบันการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์เป็นที่นิยมแพร่หลายในหลายๆ ประเทศทั่วโลก แต่ในประเทศไทยยังมีผู้ให้ความสนใจน้อย เนื่องจากพื้นที่ในประเทศไทยที่ใช้ในการเกษตรยังมีอยู่มากและเกษตรกรส่วนใหญ่เห็นว่าเป็นวิธีการที่ต้องมีการลงทุนสูง และยังต้องอาศัยความรู้ และเทคนิคในการปลูกอย่างมาก รวมทั้งวิธีการปลูกมีความยุ่งยากซับซ้อน จึงสามารถสรุปข้อดีและข้อเสียของการปลูกพืชในระบบนี้ได้ดังนี้ (ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์, 2534; บุญเลิศ ส่องสว่าง, 2534; ฐิติพันธุ์ ขำภู, 2542; ศิริอร แก้วโบราณ, 2544; วรณา เสนาดี, 2546; ดิเรก ทองอร่าม, 2547)

ข้อดีของการปลูกพืชในสารละลายไฮโดรโปนิคส์

1. ปลูกได้โดยไม่ต้องใช้ดิน ในกรณีที่อาศัยอยู่ในชุมชนแออัดในเมือง ก็สามารถปลูกบนดาดฟ้า ข้างทางเดิน บริเวณหลังบ้าน บริเวณใกล้หน้าต่าง หลังคา ส่วนในชนบทก็สามารถทำได้โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดจากสภาพดินเสื่อมโทรมหรือดินที่มีสภาพไม่เอื้ออำนวยต่อการใช้ประโยชน์ เช่น ดินแห้งแล้ง ดินขาดธาตุอาหารพืช ทะเลทราย พื้นที่ที่เป็นหิน แหล่งที่เป็นภูเขา

2. ใช้ทดแทนการปลูกพืชในดินที่มีปัญหา เช่น ดินเค็ม ดินกรด และดินด่าง

3. ควบคุมปัญหาโรคพืชและแมลงได้ง่าย ปกติดินที่ใช้เพาะปลูกอาจมีเชื้อโรคและยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงชนิดต่างๆ จากการที่ไม่ต้องใช้ดินในการปลูกพืช จึงเป็นข้อได้เปรียบอย่างหนึ่ง แต่ก็ยังมีปัญหาของแมลงและโรคต่างๆ ที่แพร่กระจายอยู่ในอากาศทั่วไป ซึ่งสามารถเลี่ยงการใช้ยาฆ่าแมลงได้ด้วยการใช้ตาข่ายป้องกัน พืชผักที่ปลูกโดยวิธีนี้จึงปลอดภัยจากสารเคมีกำจัดโรคและแมลง และไม่ก่อให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในอาหารแก่ผู้บริโภค นอกจากนี้ผลทางอ้อมยังเป็นการรักษาระบบนิเวศ ป้องกันการทำลายสภาพแวดล้อมอันเนื่องมาจากการใช้ยาฆ่าแมลง

4. ควบคุมสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้ โดยเฉพาะในระดับรากพืช ได้แก่ ธาตุอาหาร pH EC อุณหภูมิ ความชื้นของออกซิเจน เป็นต้น ซึ่งการปลูกพืชบนดินทำได้ยาก ทำให้พืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ผลผลิตสูงกว่าในดินและคุณภาพสม่ำเสมอ อีกทั้งยังไม่ต้องใช้ระบบการปลูกพืชหมุนเวียนเช่นที่ปลูกในดิน ปลูกพืชได้ไม่เจาะจงฤดูกาลและเพียงพอต่อความต้องการของตลาด

5. ดินส่วนมากมักขาดธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช ซึ่งสามารถเติมธาตุอาหารได้ แต่ไม่สามารถทราบสัดส่วนในการเติมเพื่อที่จะให้ได้พอเหมาะกับความต้องการของต้นพืช และอาจถูกน้ำชะล้างทิ้งไปหรือจมลึกลงในดิน ส่วนการปลูกพืชไม่ใช้ดินส่วนประกอบธาตุอาหารของพืชจะจัดเตรียมให้มีสัดส่วน และปริมาณพอเหมาะกับที่พืชต้องการได้

6. สามารถใช้น้ำและธาตุอาหารพืชอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ใช้น้ำลดลงไม่ต่ำกว่า 10 เท่าของการปลูกพืชแบบธรรมดา

7. ไม่เกิดปัญหาในกรณีของการให้น้ำมากเกินไปเหมือนเช่นที่ปลูกในดิน

8. ประหยัดเวลา แรงงานและค่าใช้จ่ายในการเตรียมดินและกำจัดวัชพืช

9. ใช้พื้นที่เพาะปลูกน้อย สามารถนำที่ว่างมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ปลูกพืชชนิดเดิมได้ในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง ไม่ต้องพักแปลงและปลูกพืชได้หนาแน่นกว่าในดิน มีจำนวนต้นต่อพื้นที่มาก ปลูกได้ตลอดทั้งปีสามารถคาดคะเน และวางแผนการผลิตได้อย่างแม่นยำ

10. ไม่เกิดปัญหาวัชพืชแย่งอาหารจากพืชที่ปลูก

ข้อเสียของการปลูกพืชในสารละลายไฮโดรโปนิคส์

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูง ต้องลงทุนในด้านอุปกรณ์ และโรงเรือน แต่มีศักยภาพในการคืนทุนเร็ว
2. ผู้ปลูกต้องมีความชำนาญและประสบการณ์มากพอในการควบคุมดูแล
3. ต้องการการควบคุมดูแลอย่างสม่ำเสมอ
4. ถ้าหากไม่มีความรู้และความสามารถในการจัดการที่ดีพออาจทำให้มีปริมาณธาตุอาหารในผลผลิตพืช เช่น ในเตรทสูงจนเป็นอันตรายต่อการบริโภคได้
5. วัสดุปลูกบางชนิดเน่าเปื่อยหรือย่อยสลายตัวยาก อาจเกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้หากไม่มีการควบคุมดูแลที่ดีพอ

สมภพ วิริยะวัฒน์ (2537) กล่าวว่า สิ่งที่ต้องคำนึงในการเลือกพืชเพื่อปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ คือ

1. อายุการเก็บเกี่ยว การเลือกพืชที่มีอายุเก็บเกี่ยวน้อยจะเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ เนื่องจากการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิคส์ ต้องมีการลงทุนสูงและต้องมีการดูแลอย่างใกล้ชิด อายุของผักที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วงไม่เกิน 45-60 วัน
2. ฤดูปลูก เนื่องจากการปลูกพืชผักโดยทั่วไปต้องอาศัยปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ เพื่อช่วยในการเจริญเติบโตของพืช เช่น แสง อุณหภูมิ เป็นต้น ทำให้ในบางช่วงฤดูกาลที่มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม ปริมาณผลผลิตจะลดลง ซึ่งในการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิคส์จะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมและปัจจัยอื่นๆ ในโรงเรือนให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้ตลอดทั้งปี ดังนั้นในการเลือกชนิดของพืชเพื่อนำมาปลูกจึงต้องคำนึงถึงฤดูกาล เช่น ในช่วงฤดูฝนจะมีผักจากการปลูกโดยวิธีดั้งเดิมในตลาดน้อยกว่าในช่วงฤดูหนาว เป็นต้น
3. ราคาขายในท้องตลาด การปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิคส์จะต้องเลือกผักที่มีราคาสูง เนื่องจากการผลิตผักในระบบนี้จะต้องใช้ต้นทุนสูง มีเทคโนโลยีต่างๆ ถ้าเลือกพืชผักที่มีขายมากในท้องตลาดและราคาต่ำจะทำให้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชผักในระบบไฮโดรโปนิคส์

1. อุณหภูมิ

อุณหภูมิของสารละลายที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสำหรับรากพืชใช้หายใจลดลง ในขณะที่รากพืชกลับมีการหายใจที่เพิ่มขึ้นโดยส่วนหนึ่งของออกซิเจนยังถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์ในสารละลายนั้น (Benoit, 1992) เช่น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 30 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจาก 8.25 ppm เหลือเพียง 7.51 ppm (ชนิษฐา พงษ์ปรีชา, ม.ป.ป.) ซึ่งทำให้พืชขาดธาตุอาหารโดยเฉพาะในฤดูร้อนจะมีปัญหา มาก เพราะถ้าอุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะทำให้รากอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคพืช (พจนีย์ พิมพ์มหา, 2549) โดยทั่วไปอุณหภูมิของสารละลายที่เหมาะสมกับพืช คือ 18-23 องศาเซลเซียส (ดิเรก ทองอร่าม, 2547)

2. แสง

ความเข้มแสงที่มากหรือน้อยเกินไป จะมีผลในการลดการสังเคราะห์แสงของพืช ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยลง การปลูกพืชในที่โล่งจึงต้องมีการให้ร่มเงาเพื่อลดความเข้มแสง นอกจากนี้แสงยังสัมพันธ์กับอุณหภูมิ คือ เมื่อแสงมีความเข้มมากขึ้นอุณหภูมิก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย (เชาวน์ ชินวัตร และพรณี ชินวัตร, 2528)

3. น้ำ

คุณภาพน้ำเป็นสิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญ เนื่องจากหากน้ำที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมมาใช้ เช่น น้ำที่ไม่สะอาดอาจมีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ ในพืชซึ่งจะแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้หากองค์ประกอบทางเคมีของน้ำไม่เหมาะสม เช่น อาจมีปริมาณของธาตุอาหารบางอย่างที่พืชต้องการในปริมาณน้อยมากเกินไปจนส่งผลกระทบต่อพืช และการที่น้ำมีไอออนต่างๆ ไม่สมดุลก็จะมีผลต่อการนำธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ของพืช น้ำที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิคส์คือ น้ำฝนหรือน้ำจากคลองชลประทาน (เชาวน์ ชินวัตร และพรณี ชินวัตร, 2528) การปลูกพืชในระบบนี้ควรมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อน น้ำที่มีปริมาณไบคาร์บอเนต (โซเดียม แมกนีเซียม และคลอรีน) สูงเกินค่ามาตรฐานจะทำให้ค่า pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น หากสูงเกินไปจะทำให้การละลายของคาร์บอเนตและฟอสเฟตลดลงโดยจะตกตะกอนกับแคลเซียมและแมกนีเซียม (คมกริช จักรสุวรรณ์ และคณะ, 2539)

4. ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ มีผลโดยตรงต่อการคายน้ำของพืช เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงจะทำให้พืชคายน้ำน้อยลง ส่งผลให้การลำเลียงแร่ธาตุอาหารต่างๆ จากรากไปสู่ใบลดลง และยังทำให้อุณหภูมิที่ใบสูงขึ้น (ชนิษฐา พงษ์ปรีชา, ม.ป.ป)

5. ความเป็นกรด – ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC)

การที่พืชจะเจริญเติบโตในสารละลายได้ดีนั้นต้องมีการจัดการ pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหาร เพื่อให้พืชสามารถดูดใช้ปุ๋ยหรือสารละลายธาตุอาหารได้ดี ตลอดจนควบคุมอุณหภูมิและออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งค่า pH เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหารพืช (ดิเรก ทองอร่าม, 2547) สารละลายธาตุอาหารควรมี pH อยู่ในช่วง 5.5 - 6.5 เนื่องจากธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชใช้ได้มากที่สุด หาก pH ของสารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายต่อรากพืช (อานัฐ ตันโช, 2548) และถ้า pH สูงกว่า 7 จะเกิดการตกตะกอนของธาตุอาหารต่างๆ หลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส แคลเซียม และ แมกนีเซียม เป็นต้น (อารักษ์ ธีรอำพน, 2544) ถ้าสารละลายธาตุอาหารพืชมีสภาพเป็นกรดมากเกินไปก็สามารถปรับระดับค่า pH ได้โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ถ้าสารละลายธาตุอาหารพืชมีสภาพเป็นด่างมากเกินไปก็สามารถปรับระดับ pH ได้โดยใช้กรดไนตริก (HNO_3) กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) หรือกรดไฮโดรคลอริก (HCl) (Meier, 1994)

ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity หรือ EC) มีหน่วยเป็นมิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร (mmho/cm) หรือ มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่า EC ที่เหมาะสมสำหรับพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 1.5-3.0 mS/cm ถ้าค่า EC สูงหรือต่ำกว่านี้จะส่งผลกระทบในด้านลบกับพืช (ฐิติพันธุ์ ขำภู, 2542) ซึ่งค่า EC ที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป โดยปกติการควบคุมค่า EC ที่ต่ำจะทำให้ผลผลิตพืชอ่อนนุ่ม เช่นในผักสลัด แต่การเพิ่มค่า EC จะทำให้พืชโตเร็วขึ้น ทั้งทางด้านลำต้นและด้านผลผลิต ทำให้ผลผลิตมีน้ำตาลและกรดในผลสูงขึ้น เช่น มะเขือเทศจะมีรสชาติดีขึ้นเมื่อเพิ่มค่า EC จาก 2.5 เป็น 5.0 mS/cm อย่างไรก็ตาม การควบคุมค่า EC ในระดับสูงอาจก่อให้เกิดปัญหาทางสรีรวิทยาแก่พืช (physiological disorder) เช่น ผักสลัดอาจเกิดอาการยอดไหม้ หรือมะเขือเทศอาจเกิดอาการผลเน่าที่ปลายได้ (ดิเรก ทองอร่าม, 2547)

6. **ธาตุอาหารพืช** (มนัส สุจิวัฒน์, 2525; สมภพ รัฐะวสันต์, 2537; สมบุญ เตชะภิญญาวัดณ์, 2538; ดิเรก ทองอร่าม, 2542; มนูญ ศิริเทพ, 2544)

ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ โดยทั่วไปธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชชั้นสูงมีอยู่ 16 ชนิด แบ่งออกเป็นสองกลุ่มตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก (macronutrient elements) และธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณน้อย (micronutrient elements)

1. ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก คือ ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและพืชต้องการในปริมาณมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ มีอยู่ 9 ธาตุด้วยกัน คือ

คาร์บอน (C) เป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของพืช เช่น คาร์โบไฮเดรต ลิพิดและสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ ซึ่งมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสง ในบรรยากาศมีธาตุชนิดนี้อย่างเพียงพอ

ออกซิเจน (O) พืชใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจเพื่อออกซิโดซ์สารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต ย่อยเป็นน้ำตาลขนาดเล็กและได้เป็นพลังงานเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต ลิพิด และสารประกอบอินทรีย์ในพืช

ไฮโดรเจน (H) มีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต ลิพิด และสารประกอบอินทรีย์ในพืช ซึ่งพืชได้จากน้ำเป็นส่วนใหญ่หรืออาจได้จากบรรยากาศ

ไนโตรเจน (N) มีบทบาทสำคัญในการช่วยเร่งการเจริญเติบโตในส่วนที่เป็นลำต้นและใบแล้วยังช่วยให้พืชผักหลายๆ ชนิดมีลักษณะอวบน้ำ (succulence) ดังนั้นในพืชผักที่ปลูกเพื่อรับประทานต้นหรือใบจึงต้องการไนโตรเจนสูง เพื่อการเจริญเติบโตที่รวดเร็วและเพื่อให้ต้นและใบอ่อนมีความกรอบ มีไฟเบอร์หรือเส้นใยน้อย ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ พืชสามารถนำไนโตรเจนขึ้นมาใช้ในรูปแบบของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) ซึ่งไนโตรเจนส่วนใหญ่ในสารละลายธาตุอาหารพืชจะอยู่ในรูป NO_3^- เพราะหากมี NH_4^+ มากจะเป็นอันตรายต่อพืช

ฟอสฟอรัส (P) ถึงแม้พืชผักจะมีความต้องการปุ๋ยฟอสเฟตน้อยกว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่มีความสำคัญในการช่วยทำให้พืชผักตั้งตัวได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะในช่วงระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังช่วยให้พืชผักเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้น และมีรสชาติดีขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยฟอสเฟตที่เพียงพอ

โพแทสเซียม (K) มีความจำเป็นอย่างมากต่อกระบวนการสังเคราะห์และเคลื่อนย้ายแป้งในพืช โดยเฉพาะพืชผักประเภทหัว ส่วนในพืชผักที่รับประทานต้นและใบมีความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมไม่น้อยไปกว่าในโตรเจน เพราะจะช่วยส่งเสริมคุณภาพของพืชผักให้ดีขึ้น เช่น ช่วยทำให้กะหล่ำปลีห่อปลีได้ดี มีน้ำหนัก มีเนื้อแน่นและเป็นเงาน่ารับประทาน ส่วนพืชพวกผักกาดต่างๆ ที่รับประทานใบจะไม่เหี่ยวเฉาง่ายเมื่อตัดส่งตลาด และสดได้นานกว่าผักที่ขาดโพแทสเซียม

แคลเซียม (Ca) เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างที่สำคัญของผนังเซลล์เพราะแคลเซียมเพคเตท (calcium pectate) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของช่องว่างภายในเซลล์ (middle lamella) และพืชจะเจริญเติบโตได้ดีต้องมีการแบ่งเซลล์ที่ส่วนยอดหรือปลายราก นอกจากนี้แคลเซียมยังมีส่วนช่วยให้พืชมีลำต้นที่แข็งแรงขึ้น

แมกนีเซียม (Mg) เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ถึงประมาณร้อยละ 2.7 และยังทำหน้าที่เกี่ยวกับการดูดซึมธาตุอาหารพืช และเคลื่อนย้ายธาตุอาหารพืชอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสเฟต ดังนั้นในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชจึงควรคำนึงถึงปริมาณแมกนีเซียมด้วย เพราะปริมาณแมกนีเซียมที่มากเกินไปจะรบกวนการนำโพแทสเซียมและแมกนีเซียมมาใช้ของพืช

กำมะถัน (S) เป็นธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของพืชมากพอๆ กับฟอสฟอรัส โดยพืชแต่ละชนิดจะมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่แตกต่างกัน พืชในตระกูลถั่ว หอม กะหล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง กระเทียม ต้องการกำมะถันเพื่อเพิ่มรสชาติและกลิ่นให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้กำมะถันยังมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนบางชนิดที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น cysteine และ methionine และมีผลทางอ้อมต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของพืชด้วย

2. ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อยหรือจุลธาตุ คือ ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่พืชต้องการเป็นปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆ มีอยู่ 7 ธาตุ คือ

เหล็ก (Fe) เป็นธาตุที่ไม่ค่อยเกิดการเคลื่อนย้ายภายในพืช มีหน้าที่สำคัญช่วยในการสร้างคลอโรฟิลล์ ช่วยในกระบวนการเพิ่มหรือลดจำนวนออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจของพืชและช่วยในการดูดธาตุอาหารอื่นๆ

แมงกานีส (Mn) เป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงและทำงานร่วมกับธาตุอื่นๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม และแมกนีเซียม

สังกะสี (Zn) มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฮอร์โมนพืชที่ควบคุมการเจริญเติบโตและมีบทบาททางอ้อมในการสร้างคลอโรฟิลล์

ทองแดง (Cu) มีความสำคัญกับพืชเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ช่วยในกระบวนการหายใจ และส่งเสริมให้พืชนำเหล็กมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

โบรอน (B) มีหน้าที่สำคัญในการเคลื่อนย้ายน้ำตาล และช่วยให้พืชใช้ในโตรเจนและโพแทสเซียมได้มากขึ้น

โมลิบดีนัม (Mo) มีความสำคัญเนื่องจากเป็นตัวก่อให้เกิดเมตาบอลิซึมของไนโตรเจน และเอนไซม์บางชนิด

คลอรีน (Cl_2) เป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง และช่วยให้พืชแก่เร็วขึ้น และในน้ำจะมีคลอรีนในรูปของคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ซึ่งเป็นรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้เกือบนอนอยู่แล้ว ดังนั้นในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชจึงควรคำนึงถึงปริมาณคลอไรด์ที่มากเกินไปด้วย เนื่องจากจะไปยับยั้งการนำธาตุที่อยู่ในรูปประจุลบตัวอื่นๆ มาใช้ประโยชน์ได้

นอกจาก 16 ธาตุที่จำเป็นอย่างยิ่งแล้ว ธาตุอาหารอื่นๆ ที่มีบทบาทในพืช (Beneficial element) ได้แก่ ธาตุโซเดียม ซิลิกอน และไอโอดีน (นพดล เรียบเลิศหิรัญ, 2538)

1. ธาตุโซเดียม (Na)

ทำให้พืชบางชนิดที่ดูดซึมเข้าไปเจริญเติบโตได้เช่นเดียวกับธาตุโพแทสเซียม โดยเฉพาะพืชที่ขึ้นได้ในดินเค็ม ได้แก่ พวกโกกวง แสม และหน่อไม้ฝรั่ง

2. ธาตุซิลิกอน (Si)

พบจำนวนมากในใบ ต้น และรากของพืชตระกูลหญ้า ธาตุซิลิกอนจะช่วยให้ชั้นผิวของพืชแข็งแรง ป้องกันการทำลายจากแมลงศัตรูพืชและโรคพืช เช่น โรคสนิม (rust) โรคราน้ำค้าง (mildew) เป็นต้น

3. ธาตุไอโอดีน (I)

พบในต้นถั่ว ต้นผักกาดหอม และต้นผักโขม ธาตุไอโอดีนช่วยทำให้พืชมีใบเขียวสด ถ้าพืชดูดซึมเข้าสู่ต้นมากเกินไปก็จะไปชะงักการเจริญเติบโตของพืช ในสารละลายธาตุอาหารไม่ควรมีธาตุอาหารไอโอดีนเข้มข้นเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทั้งสามธาตุที่กล่าวมานี้ คือ โซเดียม ซิลิกอน และไอโอดีน ไม่ถือเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชเพียงแต่เป็นธาตุที่มีประโยชน์ต่อพืช

ไอโอดีน

ไอโอดีน (Iodine) เป็นธาตุหมู่ 7 ในสถานะของแข็งอยู่ในรูปไอโอดีน (I_2) มีสีเทาดำ ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เมื่อเผาที่ 185 องศาเซลเซียสจะระเหยกายเป็นควันสีม่วง พบครั้งแรกในปี ค.ศ.1811 โดย Bernard Courtois ในสารร่ายทะเล (วิธีะ สิริสิงห์ และคณะ, 2540) ไอโอดีนสามารถรวมกับธาตุอื่นๆ เกิดสารประกอบมากมาย ไอโอดีนในสารประกอบมีเลขออกซิเดชันเป็น $-1, 0, +1, +3, +5$ และ $+7$ (ชัยวัฒน์ เจนวนิชย์, 2525) โดยทั่วไปไอโอดีนจะไม่อยู่ในรูปที่เป็นธาตุ แต่จะอยู่ในรูปของเกลือไอโอไดด์ (iodide) หรือเกลือไอโอเดต (iodate) ซึ่งเกลือไอโอไดด์ เกิดจากไอโอดีนถูกออกซิไดด์กลายเป็นไอโอไดด์ สามารถรวมตัวเป็นสารประกอบไอออนิก เช่น ซีเซียมไอโอไดด์ หรือสารประกอบโควาเลนต์ เช่น คาร์บอนเตตระไอโอไดด์ ส่วนเกลือไอโอเดต เป็นเกลือของ iodic acid ไอโอเดตแอนไอออน (IO_3^-) ได้จากการรีดิวซ์ periodate กับ thioether สารประกอบไอโอเดต เช่น sodium iodate ($NaIO_3$), silver iodate ($AgIO_3$), และ calcium iodate ($Ca(IO_3)_2$) (ศิรินทร์ มณีโชติ, 2550)

เทคนิคในการวิเคราะห์ปริมาณไอโอไดด์และไอโอเดต

เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไอโอไดด์และไอโอเดตมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น ในการวิเคราะห์ไอโอไดด์ใช้วิธี Ion Chromatography (Tucker & Flack, 1998), Capillary Electrophoresis (Ito, 1999) และ Flow Injection Analysis (Chailapakul *et al.*, 2004) เป็นต้น ส่วนการวิเคราะห์ไอโอเดตใช้วิธี Iodometry (Christian, 2003), Electrochemistry (Li *et al.*, 2005), Chemiluminescence (Zui & Terletskaia, 1995), Ion Chromatography (Kumar *et al.*, 2001) และ Spectrophotometry (Afkhami *et al.*, 2001; Ensafi & Chamjangali, 2002; Ghasemi *et al.*, 2004) เป็นต้น ในการทดลองนี้ใช้วิธี Potentiometry ร่วมกับ Ion Selective Electrode (ISE) ในการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอไดด์ และวิธี Flow injection analysis (FIA) ในการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดต ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถวิเคราะห์หาปริมาณไอโอไดด์และไอโอเดตที่มีประสิทธิภาพง่าย และรวดเร็ว (เยาวพา จิระเกียรติกุล และนภาพร ยังวิเศษ, 2551)

Potentiometry ร่วมกับ Ion Selective Electrode (ISE): เป็นวิธีการทาง electrochemistry สามารถวิเคราะห์ปริมาณไอออน หรือกลุ่มไอออนต่างๆ ได้อย่างเลือกจำเพาะ (selectivity) เช่น ammonia, bromide, cadmium, calcium, carbon dioxide/carbonate, chloride, copper, cyanide, fluoroborate, nitrogen oxide, perchlorate, surfactant เป็นต้น ซึ่งความสามารถในการเลือกจำเพาะจะขึ้นอยู่กับ electrode ชนิดต่างๆ ที่ถูกออกแบบมา electrode ชนิดเดียวกันไวต่อไอออนได้หลายตัวในระดับมากน้อยแตกต่างกันไป ดังนั้นศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จึงเป็นของไอออนที่ไวต่อ electrode มากที่สุด จึงเรียก electrode ชนิดนี้ว่า Ion Selective Electrode หลักการของ ISE เป็นการวิเคราะห์เชิงไฟฟ้าเคมีที่ใช้หลักการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของไอออนที่สนใจ ระหว่าง indicator electrodes เปรียบเทียบกับ reference electrodes ซึ่งเป็นเซลล์มาตรฐานที่ทราบค่าศักย์ไฟฟ้า จากนั้นนำศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้มาคำนวณปริมาณไอออนจากกราฟมาตรฐาน โดยอาศัยความสามารถหรือศักย์ไฟฟ้ากับความเข้มข้นของสารตามสมการของเนิสต์ (อาซาฟห์ จิตรแจ่ม, 2548)

Flow injection analysis (FIA) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งอาศัยหลักการฉีดสารละลายตัวอย่างปริมาณน้อยๆ เข้าสู่กระแสตัวพา ซึ่งอาจเป็นรีเอเจนต์หรือตัวทำละลายหรือสารละลายบัฟเฟอร์ ซึ่งไหลอย่างต่อเนื่องภายในระบบท่อขนาดเล็ก ด้วยอัตราการไหลที่เหมาะสม และคงที่ สารละลายตัวอย่างจะเกิดการกระจายและทำปฏิกิริยากับกระแสของตัวพาภายในท่อเล็ก เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในด้านต่างๆ เช่น การเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (ที่มีการเปลี่ยนแปลงสี) เกิดการเปลี่ยนแปลง pH กระแสไฟฟ้า แล้วไหลผ่านเข้าไปใน flow through cell ซึ่งสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ เช่น ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance), potential, pH โดยใช้ detector ที่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และสามารถหาปริมาณหรือความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ถูกต้องได้ โดยเปรียบเทียบกับค่าการเปลี่ยนแปลงของสารละลายมาตรฐาน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะบันทึกโดย recorder ออกมาในรูป peak โดยใช้ความสูงของ peak หรือพื้นที่ใต้ peak หลักการทั่วไปของ FIA เกิดจากการรวมหลักการสำคัญ 3 ประการ คือ การฉีดสารตัวอย่าง ระยะเวลาของการฉีดที่คงที่ และการกระจายตัวของสารตัวอย่างที่ถูกควบคุม เทคนิคนี้มีผู้นิยมใช้กันมากในการวิเคราะห์ในสาขาวิชาต่างๆ เนื่องจากมีความแม่นยำและถูกต้องสูง ให้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ ประหยัดต้นทุน ใช้สารเคมีในปริมาณน้อย สามารถทำให้เป็นวิธีอัตโนมัติได้ง่าย (Christian, 1997)

ความสำคัญของไอโอดีน

ไอโอดีนเป็นธาตุที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ มีมากในพืชและสัตว์ที่อยู่ในทะเล เพราะไอโอดีนจากดินที่พื้นผิวจะถูกชะละลายจากบริเวณที่สูง เช่น ภูเขาสูงมายังแม่น้ำไหลลงสู่ทะเล ทำให้แถบภูเขาหรือที่ราบสูงขาดไอโอดีนและไอโอดีนในน้ำตามธรรมชาติลดลง จึงจำเป็นต้องเติมไอโอดีนในน้ำดื่มหรือเกลือ (จรัล สามีบัติ, 2535) แต่จะพบสารไอโอดีนในดินและน้ำทั่วไปในแถบที่ราบลุ่ม ปากแม่น้ำ ชายทะเล โดยในน้ำทะเลจะมีไอโอดีนประมาณ 0.05 ppm ซึ่งเป็นผลทำให้พืชผักและสัตว์ต่างๆ จากทะเลมีสารไอโอดีนมากไปด้วย (ชัยวัฒน์ เจนวนิชย์, 2525)

ไอโอดีนมีความจำเป็นและสำคัญต่อร่างกาย เพราะเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของการผลิตฮอร์โมนของต่อมไทรอยด์ ซึ่งเป็นต่อมไร้ท่อที่มีขนาดใหญ่อยู่บริเวณลำคอด้านหน้า ต่อมนี้จะถูกสร้างขึ้นตั้งแต่ทารกอยู่ในครรภ์มารดาเมื่ออายุได้ 5-6 สัปดาห์ และมีหน้าที่ผลิตฮอร์โมนไทรอกซิน (Thyroxin) หรือไทรอยด์ฮอร์โมนเข้าสู่กระแสเลือด เพื่อควบคุมปฏิกิริยาทางเคมีในส่วนต่างๆ ของร่างกาย มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเผาผลาญอาหารและพลังงาน (metabolism) จึงเป็นฮอร์โมนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ระบบประสาท สมอง และเป็นตัวควบคุมระดับอุณหภูมิในร่างกายอีกด้วย (สุพงษ์ พัฒนจักร, 2535; Dunn & Van der Haar, 1990) เมื่อร่างกายได้รับสารไอโอดีนทางอาหารหรือน้ำ ไอโอดีนจะถูกดูดซึมผ่านลำไส้เข้าสู่กระแสโลหิตภายในเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นต่อมไทรอยด์ก็จะจับเอาสารไอโอดีนผ่านกระบวนการทางเคมีหลายขั้นตอนเพื่อทำการสังเคราะห์เป็นไทรอยด์ฮอร์โมน นำไปใช้ควบคุมการทำงานของอวัยวะต่างๆ เช่น สมอง หัวใจ ตับ กล้ามเนื้อ (Glinioer, 1997) ร่างกายมนุษย์ต้องการสารไอโอดีนในปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอายุ และสภาพของร่างกายในแต่ละช่วงเวลา โดยเฉพาะหญิงตั้งครรภ์ และหญิงให้นมบุตรจะมีความต้องการสารไอโอดีนมากกว่าปกติ ซึ่งความต้องการสารไอโอดีนของร่างกายตามข้อกำหนดสารอาหารประจำวันของประชาชนไทย (Recommended Daily Dietary Allowance for Healthy Thais: RDA) มีดังนี้ (กระทรวงสาธารณสุข กรมอนามัย, 2536)

ผู้ใหญ่ประมาณ	150	ไมโครกรัม
เด็กวัยเรียนประมาณ	120	ไมโครกรัม
เด็กอายุ 6 เดือน – 6 ปี ประมาณ	50-90	ไมโครกรัม
เด็กแรกเกิด – 6 เดือน ประมาณ	40	ไมโครกรัม
หญิงมีครรภ์ประมาณ	175	ไมโครกรัม
หญิงให้นมบุตรประมาณ	200	ไมโครกรัม
(ในน้ำนมแม่จะมีไอโอดีน 30 ไมโครกรัมต่อลิตร)		

ไอโอดีนเป็นธาตุที่ร่างกายไม่สามารถสร้างได้จะต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (วิลเลียม รุ่งโรจน์ หนูนภักดี, 2542) ซึ่งอาหารที่มีสารไอโอดีนเพียงพอและเหมาะสมที่สุด คือ อาหารที่มาจากทะเลทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ เช่น สาหร่ายทะเล 100 กรัม มีสารไอโอดีนประมาณ 200 ไมโครกรัม ปลาทะเล 100 กรัม มีสารไอโอดีนประมาณ 50 ไมโครกรัม (กระทรวงสาธารณสุข กรมอนามัย, 2536) สำหรับปริมาณของไอโอดีนในเนื้อสัตว์หรือผลิตภัณฑ์ของสัตว์ต่างๆ เช่น นม และไข่ของสัตว์บกขึ้นอยู่กับปริมาณไอโอดีนในอาหารที่สัตว์กินเข้าไป ส่วนปริมาณไอโอดีนในพืชผักต่างๆ ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นดินในการเพาะปลูกว่ามีปริมาณไอโอดีนมากน้อยเพียงใด ดังนั้นเพื่อให้ประชาชนได้รับสารไอโอดีนในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย กองโภชนาการ กรมอนามัย จึงส่งเสริมให้ประชาชนบริโภคเกลือที่ผสมสารไอโอดีนในอัตรา 5 : 100,000 โดยใช้ประกอบอาหารอย่างน้อยวันละ 1 ช้อนชา หรือ 5 กรัมต่อคน หรือส่งเสริมให้ดื่ม น้ำผสมสารไอโอดีนเข้มข้นอย่างสม่ำเสมออย่างน้อย 4 แก้วต่อคนต่อวัน หรือแนะนำให้บริโภคอาหารทะเลอย่างต่อเนื่องอย่างน้อยสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ตลอดชีวิตคนเราต้องการสารไอโอดีนเพียงไม่ถึง 1 ช้อนชา (5 กรัม) (สุพงษ์ พัฒนจักร และคณะ, 2532) ถึงแม้ว่าความต้องการไอโอดีนของร่างกายจะมีปริมาณไม่มาก แต่ร่างกายจำเป็นที่จะต้องได้รับสารไอโอดีนทุกวัน ถ้าหากร่างกายได้รับไอโอดีนไม่เพียงพอจะมีผลกระทบต่อการทำงานของต่อมไทรอยด์ฮอร์โมน ทำให้ร่างกายเกิดภาวะผิดปกติต่างๆ หลายประการ เรียกว่าภาวะผิดปกติจากการขาดสารไอโอดีน (Iodine Deficiency Disorders หรือ IDD) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับของการขาดสารไอโอดีนและความยาวนานของภาวะการขาดสารไอโอดีน ซึ่งพบภาวะผิดปกติจากการขาดสารไอโอดีนทุกช่วงอายุ (Hetzel, 1989)

การป้องกันโรคขาดไอโอดีน

โดยปกติร่างกายของมนุษย์สามารถรับไอโอดีนจากการรับประทานอาหารในแต่ละวันดังต่อไปนี้ (กระทรวงสาธารณสุข กรมอนามัย, 2536)

1. อาหารทะเลทุกชนิด เช่น สัตว์ และพืชทะเล ได้แก่ กุ้ง หอย ปู ปลา สาหร่ายทะเล ฯลฯ
2. พืชผักที่ขึ้นบนดินที่มีไอโอดีนสูง
3. เนื้อสัตว์ต่างๆ นมและไข่ของสัตว์บก ซึ่งขึ้นอยู่กับอาหารที่สัตว์กินเข้าไปว่ามีปริมาณไอโอดีน มากหรือน้อยเพียงใด

นอกจากนี้ยังได้รับเพิ่มเติมจากที่ได้รับปกติจากอาหารประจำวัน ซึ่งมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับสภาพสังคม วัฒนธรรม การบริโภคของแต่ละชุมชน ซึ่งวิธีที่นิยมกันโดยทั่วไปมีดังนี้

1. การบริโภคเกลือไอโอดีน
2. การดื่มน้ำเสริมไอโอดีนอย่างสม่ำเสมออย่างน้อย 4 แก้วต่อคนต่อวัน
3. การบริโภคน้ำมันเสริมไอโอดีน
4. การบริโภคน้ำปลาเสริมไอโอดีน

ในร่างกายปกติจะมีไอโอดีนในกระแสเลือดเพียง 8-15 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และจับกับพลาสมาโปรตีนอยู่ประมาณ 6-8 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ดังนั้นจึงควรรับประทานไอโอดีนวันละ 150 ไมโครกรัม แต่ถ้ารับประทานเพียงวันละ 50 ไมโครกรัมก็สามารถป้องกันโรคคอพอกได้ (วิลเลียม รุ่งโรจน์ หนูนภักดี, 2542) ในประเทศไทยกระทรวงสาธารณสุขมีนโยบายให้มีเกลือเสริมไอโอดีนจำหน่ายและกระจายทั่วประเทศ ซึ่งเกลือต้องมีไอโอดีนอย่างน้อย 30 พีพีเอ็ม หมายถึงเกลือบ้านส่วนมีไอโอดีน 30 ส่วน ถ้าแปรผลในรูปของน้ำหนัก หมายถึงเกลือบ้าน 1 กรัมมีไอโอดีนอยู่ 30 ไมโครกรัม (ภักดี โพธิศิริ, 2545) ดังนั้นถ้าวันหนึ่งรับประทานเกลือเสริมไอโอดีนโดยเฉลี่ย 2 กรัม จะได้รับไอโอดีนวันละ 60 ไมโครกรัม ซึ่งพอเพียงที่จะป้องกันการเกิดโรคจากการขาดไอโอดีนหรือโรคคอพอกได้ (เสาวนีย์ จักรพิทักษ์, 2532) แต่ถ้ารับประทานเกินประมาณวันละ 2,000 ส่วนในล้านส่วนเป็นเวลานานจะทำให้เกิดโรคคอหอยพอกเป็นพิษ (Hyperthyroidism; Grave's disease) โดยมีอาการเหนื่อยง่าย ผอมผิปกติ หรือการบริโภคโดยตรงในครั้งเดียวประมาณ 2 กรัมจะทำให้ปวดท้อง คลื่นเหียน อาเจียน ท้องร่วง เกิดแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ ปวดอักเสบ ไตวาย หดสติ และตายได้ (อุดมเกียรติ พรพรรณประเทศ, 2539)

จากการศึกษาการได้รับไอโอดีนจากแหล่งต่างๆ ของประชากรไทย โดยกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พบว่า ปริมาณไอโอดีนที่ประชาชนไทยได้รับนั้นร้อยละ 60 มาจากเกลือเสริมไอโอดีน ร้อยละ 37 จากอาหารตามธรรมชาติ นอกนั้นได้จากแหล่งอาหารอื่นที่มีการเสริมไอโอดีน โดยเฉลี่ยปริมาณไอโอดีนที่ประชาชนไทยได้รับในแต่ละวันรวม 187 ไมโครกรัม ซึ่งจัดว่าเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายเมื่อเทียบกับข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (15 ไมโครกรัม) แต่ยังมีผู้บริโภคส่วนหนึ่งโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งได้รับไอโอดีนจากอาหารตามธรรมชาติในปริมาณใกล้เคียงกับภาคอื่น แต่ได้รับไอโอดีนจากเกลือบ้านในปริมาณต่ำ ทั้งนี้เป็นผลมาจากทั้งปริมาณการบริโภคเกลือบ้านต่ำและความครอบคลุมของเกลือบ้านที่ต่ำมากเพียง 50.5% ทำให้ได้รับปริมาณไอโอดีนเฉลี่ยในแต่ละวันไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (สายพิน ไซติวิเชียร และคณะ, 2544)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากปัญหาการขาดไอโอดีนที่ยังมีอยู่ จึงได้มีการทดลองเสริมไอโอดีนในการปลูกพืชเพื่อผลิตพืชเสริมไอโอดีน ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค ดังเช่น Mackowiak and Grossl (1999) ได้ทำการศึกษาการเสริมไอโอดีนในข้าว (*Oryza sativa* L.) ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยเสริมในรูปของไอโอไดต์ (I^-) และไอโอเดต (IO_3^-) จากโพแทสเซียมไอโอไดต์ (KI) และโพแทสเซียมไอโอเดต (KIO_3) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 10 และ 100 ไมโครโมลาร์ พบว่า การเสริมไอโอเดตที่ความเข้มข้น 1 และ 10 ไมโครโมลาร์ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว และไอโอเดตความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ มีผลกระทบเพียงเล็กน้อย ในขณะที่การเสริมไอโอไดต์ที่ความเข้มข้น 10 และ 100 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวลดลงอย่างมาก และเมื่อพิจารณาในด้านการสะสมไอโอดีนในเนื้อเยื่อ พบว่า การเสริมไอโอไดต์ทำให้เกิดการสะสมไอโอดีนในส่วนของราก ลำต้น และใบ มากกว่าการเสริมไอโอเดต ส่วนในเมล็ดข้าวมีการสะสมของไอโอดีนน้อยมาก เนื่องจากปัญหาของการเคลื่อนย้ายธาตุทางท่อลำเลียงอาหาร (phloem transport) ซึ่งต่อมา Mackowiak *et al.* (2004) ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมในการเสริมไอโอดีนในข้าวรวมกับการเติมและไม่เติมกรดฮิวมิก โดยเติมไอโอดีนในรูปต่างๆ คือ (1) โพแทสเซียมไอโอไดต์ (KI) ที่มีปริมาณไอโอดีนรวม 33 ไมโครโมลาร์, (2) สารละลายไอโอดีนความเข้มข้นต่ำ (LI_2) ที่มีปริมาณไอโอดีนรวม 18 ไมโครโมลาร์, (3) สารละลายไอโอดีนความเข้มข้นสูง (HI_2) ที่มีปริมาณไอโอดีนรวม 30 ไมโครโมลาร์ และ (4) ไม่เติมไอโอดีน (CTL) จากการทดลองพบว่า การเติมไอโอดีนทุกชนิดทำให้การเจริญเติบโตของข้าวลดลงเมื่อเทียบกับการไม่เติมไอโอดีน โดยกลุ่ม HI_2 มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด และเมื่อเติมกรดฮิวมิกร่วมด้วย พบว่า ในกลุ่ม KI และ LI_2 มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการไม่เติมกรดฮิวมิก ส่วนในกลุ่ม CTL และ HI_2 การเติมกรดฮิวมิกไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในต้นและรากของข้าว พบว่า ในกลุ่ม HI_2 มีปริมาณไอโอดีนสะสมในต้นและรากมากที่สุด รองลงมา คือ LI_2 , KI และ CTL ตามลำดับ โดยการเติมกรดฮิวมิกไม่มีผลต่อการสะสมไอโอดีนทั้งในต้นและราก ยกเว้นกลุ่ม LI_2 ที่เมื่อเติมกรดฮิวมิกแล้วทำให้การสะสมไอโอดีนในต้นลดลง และจากการทดลองยังพบว่าการสะสมไอโอดีนในส่วนของรากมากกว่าต้น 2-3 เท่า จากการเสริมไอโอดีนในการปลูกข้าวจะเห็นได้ว่าการสะสมไอโอดีนน้อยมากในเมล็ดซึ่งเป็นส่วนที่ใช้บริโภค ธรรมชาติ เหล่ากุลดิลก (2548) จึงได้ทดลองผลิตข้าวเสริมไอโอดีนโดยการแช่ในสารละลายไอโอดีน พบว่า การแช่ข้าวในสารละลายไอโอดีนที่ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อข้าว 100 กรัม ระยะเวลา 10 นาที ให้ข้าวที่มีปริมาณไอโอดีน 54.28 ไมโครกรัมต่อข้าว 100 กรัม ใกล้เคียงกับปริมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณแนะนำต่อวัน เมื่อนำ

ภาวะการผลิตนี้มาทดสอบถึงชนิดของสารประกอบไอโอดีน คือ โพแทสเซียมไอโอไดด์ โพแทสเซียมไอโอเดต และสารประกอบทั้ง 2 ร่วมกัน พบว่าข้าวที่เสริมโดยการแช่ในสารละลาย โพแทสเซียมไอโอไดด์มีปริมาณไอโอดีนในข้าวสารสูงกว่าข้าวที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต แต่เมื่อแช่ในสารละลายที่ใช้สารประกอบทั้ง 2 ร่วมกัน มีปริมาณไอโอดีนในข้าวสารอยู่ระหว่างการแช่ในสารละลายแต่ละชนิด

ในพืชผักชนิดอื่นๆ ก็ได้มีการศึกษาถึงการเสริมไอโอดีนด้วย เช่น Dai *et al.* (2004) ได้ศึกษาการเสริมไอโอดีนในรูปของไอโอเดต จากการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมไอโอเดตที่ระดับไอโอดีน 0, 1.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในการปลูกผักในดิน โดยเลือกปลูกผักทั้งหมด 6 ชนิด คือ กวางตุ้ง (*Brassica chinensis* L.), ปวยเล้ง (*Spinacia oleracea* L.), แครอท (*Daucun carota* var. *sativa* DC.), ผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatica* Forsk.), คื่นช่าย (*Apium graveolens* L.) และ หอมหัวใหญ่ (*Allium cepa* L.) จากการทดลอง พบว่า ความเข้มข้นของไอโอดีนที่ระดับ 5.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้ผลผลิตส่วนที่กินได้ (ต้นและใบ) ของกวางตุ้งและปวยเล้งลดลง ส่วนใน ผักชนิดอื่นๆ ไม่ได้แสดงผลกระทบ และเมื่อศึกษาปริมาณไอโอดีนที่สะสมในส่วนที่กินได้ พบว่า การเพิ่มปริมาณไอโอดีนในดินทำให้มีการสะสมไอโอดีนในเนื้อเยื่อพืชชนิดต่างๆ เพิ่มขึ้น และในปวยเล้งมีการสะสมของไอโอดีนมากที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Dai *et al.* (2006) ที่ได้ทำการปลูกปวยเล้งในดินเช่นกัน โดยเสริมไอโอดีนทั้งในรูปของไอโอไดด์และไอโอเดตจากการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมไอโอไดด์และโพแทสเซียมไอโอเดต โดยลดความเข้มข้นของไอโอดีนลงเหลือเพียง 0, 0.5, 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า การเสริมไอโอดีนทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของปวยเล้งในทุกความเข้มข้น เมื่อนำต้นมาวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนพบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองก่อนหน้านี้ คือ การเสริมไอโอดีนทั้งสองชนิดในปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการสะสมของไอโอดีนในใบและรากเพิ่มขึ้น โดยเมื่อความเข้มข้นไอโอไดด์เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้มีปริมาณไอโอดีนในใบเพิ่มจาก 0.06 เป็น 0.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในรากเพิ่มจาก 0.43 เป็น 2.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เช่นเดียวกันเมื่อความเข้มข้นของไอโอเดตเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมีปริมาณไอโอดีนในใบเพิ่มจาก 0.06 เป็น 8.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในรากเพิ่มจาก 0.43 เป็น 5.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเสริมไอโอเดตทำให้มีปริมาณไอโอดีนสะสมในใบหรือรากพืชมากกว่าการเสริมด้วยไอโอไดด์ นอกจากนี้ยังได้มีศึกษาผลของไอโอดีนต่อการเจริญเติบโตของปวยเล้งเมื่อปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์โดย Zhu *et al.* (2003a) ที่ได้เสริมไอโอดีนในรูปของไอโอไดด์และไอโอเดตจากโพแทสเซียมไอโอไดด์และโพแทสเซียมไอโอเดตที่

ความเข้มข้น 0, 1, 10, 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ พบว่า การเสริมไอโอดีนทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อน้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก แต่การเสริมไอโอดีนได้ความเข้มข้นมากกว่า 10 ไมโครโมลาร์ ในสารละลายธาตุอาหารทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของปวยเล้งลดลง และเมื่อนำต้นมาวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีน พบว่า การเสริมไอโอดีนทำให้ปวยเล้งสะสมไอโอดีนในใบมากกว่าการเสริมด้วยไอโอดีน โดยไอโอดีนความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณไอโอดีนสะสมมากกว่าการเสริมด้วยไอโอดีนถึง 5 เท่า และมีการสะสมไอโอดีนในใบมากกว่าในรากเมื่อเสริมด้วยไอโอดีนทั้ง 2 ชนิด โดยการเสริมไอโอดีนความเข้มข้น 1 ไมโครโมลาร์ มีไอโอดีนเข้มข้นประมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักสดใบ ซึ่งเพียงพอต่อการบริโภค Weng *et al.* (2008a) ได้ทำการศึกษานิตและความเข้มข้นของไอโอดีนในการปลูกผักบุ้งจีนในระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland and Arnon ที่เติมไอโอดีน 3 ชนิด คือ ไอโอดีน , ไอโอดีน และกรดไอโอดีนแอซิดิก (CH_2ICOO^-) จากโซเดียมไอโอดีน (NaI), โซเดียมไอโอดีน (NaIO_3) และโซเดียมไอโอดีนแอซิดเรท (CH_2ICOONa) ตามลำดับ ที่มีไอโอดีนความเข้มข้น 7 ระดับ คือ 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 2.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ไอโอดีนสะสมในต้นและรากเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไอโอดีนในสารละลายธาตุอาหารเพิ่มสูงขึ้น โดยที่ความเข้มข้นของไอโอดีนในสารละลายธาตุอาหารน้อยกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสะสมไอโอดีนในต้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แต่เมื่อความเข้มข้นของไอโอดีนมากกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร การสะสมไอโอดีนจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและเกือบคงที่จนถึงที่ระดับ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ชนิดของไอโอดีนที่ต่างกันมีผลต่อการสะสมไอโอดีนในต้นผักบุ้งจีน โดยการเติมกรดไอโอดีนแอซิดิกทำให้เกิดการสะสมของไอโอดีนในต้นพืชมากที่สุด รองลงมาคือ ไอโอดีน และไอโอดีน ในส่วนของการเจริญเติบโต พบว่า ที่ความเข้มข้นของไอโอดีนตั้งแต่ 0.5 - 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนลดลง โดยการเติมกรดไอโอดีนแอซิดิกมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนมากที่สุด รองลงมาคือ ไอโอดีนและไอโอดีน นอกจากการศึกษานิตในผักบุ้งจีนแล้ว Weng *et al.* (2008b) ยังได้ศึกษานิตไอโอดีนต่อกลไกการสะสมไอโอดีนของกะหล่ำปลีอีกด้วย โดยใช้วิธีปลูก 3 วิธี คือ ระบบไฮโดรโปนิคส์ ในกระถาง และในแปลง ซึ่งจากการปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์นั้นใช้ไอโอดีน 2 รูป คือ ไอโอดีนจากโซเดียมไอโอดีน และไอโอดีนจากโซเดียมไอโอดีน พบว่า มีการสะสมไอโอดีนเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไอโอดีนในสารละลายธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้น และเมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีไอโอดีนมีการสะสมไอโอดีนในต้นได้มากกว่าสารละลายธาตุอาหารที่มีไอโอดีนที่ความเข้มข้นเดียวกัน น้ำหนักแห้งของกะหล่ำปลีเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไอโอดีนในสารละลายเพิ่มขึ้นในระดับต่ำ คือ ไอโอดีนที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้

น้ำหนักแห้งของกะหล่ำปลีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อความเข้มข้นของไอโอดีนเท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือมากกว่า มีผลทำให้น้ำหนักแห้งลดลง ในขณะที่ไอโอดีนความเข้มข้นน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมให้น้ำหนักแห้งของกะหล่ำปลีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อความเข้มข้นของไอโอดีนเท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือมากกว่า มีผลกระทบต่อน้ำหนักแห้งของกะหล่ำปลี แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของไอโอดีนในสารละลายธาตุอาหารที่ต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไอโอดีนจะถูกนำไปใช้ได้มากกว่าไอโอดีน แต่หากความเข้มข้นของไอโอดีนสูงกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะส่งผลกระทบข้าม คือ ไอโอดีนจะถูกนำไปใช้ได้มากกว่าไอโอดีน ดังนั้นการดูดไอโอดีนจะเกิดขึ้นเร็วกว่าไอโอดีนที่ความเข้มข้นต่ำๆ ส่วนการปลูกในกระถางใช้ไอโอดีนจากปุ๋ยอินทรีย์ คือ โพแทสเซียมไอโอดีนที่ให้ไอโอดีน และปุ๋ยอินทรีย์ คือ สาหร่ายทะเล (seaweed composite iodine fertilizer) ที่ให้ไอโอดีน พบว่า การดูดไอโอดีนของกะหล่ำปลีเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของปุ๋ยทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น โดยการดูดปุ๋ยโพแทสเซียมไอโอดีนมากกว่าสาหร่ายทะเลที่ความเข้มข้นในดินระดับเดียวกัน และการใช้ปุ๋ยทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหรือมากกว่า ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของกะหล่ำปลีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อความเข้มข้นของไอโอดีนในดินเพิ่มขึ้นเป็น 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลทำให้ใบอ่อนมีสีเหลืองและแคระแกร็น โดยไอโอดีนแสดงความเป็นพิษน้อยกว่าไอโอดีน ทั้งนี้เนื่องจากการดูดไอโอดีนช้ากว่าไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นสูง และการปลูกในแปลง พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากสาหร่ายทะเล ทำให้ไอโอดีนคงตัวอยู่ในดินได้นานกว่าไอโอดีนที่ได้จากโพแทสเซียมไอโอดีน

นอกจากการเสริมไอโอดีนเพียงธาตุเดียวแล้ว ยังได้มีการทดลองเสริมไอโอดีนร่วมกับธาตุอื่น ดังเช่นที่ Zhu *et al.* (2003b) ได้ทำการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างซีลีเนียม (Se) และไอโอดีน (I) โดยใช้ไอโอดีนจากโพแทสเซียมไอโอดีนในการปลูกผักปวยเล้งในสารละลายธาตุอาหาร พบว่า ไอโอดีนที่สะสมในต้นและรากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเติมไอโอดีนในความเข้มข้นสูงขึ้น และการเติมไอโอดีนที่ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับการเติมซีลีเนียมทำให้ไอโอดีนที่สะสมในต้นลดลงเมื่อความเข้มข้นของซีลีเนียมเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณไอโอดีนในส่วนราก ความเข้มข้นของซีลีเนียมในต้นและรากก็เช่นเดียวกันกับไอโอดีน คือ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเติมซีลีเนียมในความเข้มข้นที่สูงขึ้น แต่พบว่าการเติมไอโอดีนในความเข้มข้นที่สูงขึ้นร่วมกับการเติมซีลีเนียมไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณของซีลีเนียมในเนื้อเยื่อพืช